

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie

Zentralabitur 2015

Physik
Grundkurs

Aufgaben
Erwartungshorizonte

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung A **für Prüflinge**

Inhalt:	**Elektrische Felder**
Titel:	**Energien in einem Gewitter**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Energien in einem Gewitter

Gewitter gehören zu den eindrucksvollsten Naturphänomenen. Pro Jahr werden in Deutschland ungefähr 2 Millionen Blitze registriert. Immer wieder gibt es Vorschläge, die in den Blitzen enthaltenen Energien nutzbar zu machen.

In den folgenden Aufgaben wird untersucht, ob Blitzenergie sinnvoll genutzt werden kann. Für die Klärung dieser Frage werden einfache Modelle und typische Daten von Gewitterwolken und Blitzen genutzt.



Abbildung 1: Blitze bei einem Gewitter

Aufgaben:

		BE
1	Beschreiben Sie für das Modell Gewitterwolke und Erde als Plattenkondensator die Eigenschaften des elektrischen Feldes zwischen Wolke und Erde. Skizzieren Sie dazu auch ein Feldlinienbild. Berechnen Sie für dieses Modell die Spannung zwischen Wolke und Erde, die Kapazität des Kondensators und die elektrische Energie, die in dem Feld zwischen Erde und Wolke gespeichert ist.	**14**
2	Das Modell Gewitterwolke als Dipol beschreibt die Ladungsverteilung in der Wolke besser als das Modell Gewitterwolke und Erde als Plattenkondensator. Begründen Sie mit Hilfe des Modells Gewitterwolke als Dipol, dass die Ergebnisse der Berechnungen in Aufgabe 1 nur sehr grobe Näherungen sind.	**6**
3	Zeichnen Sie für den im Material 3 beschriebenen Blitz ein Diagramm, in dem die Stromstärke in Abhängigkeit von der Zeit grafisch dargestellt wird. Schätzen Sie näherungsweise die durch diesen Blitz transportierte elektrische Ladung ab.	**14**
4	Bestimmen Sie näherungsweise die elektrische Energie eines durchschnittlichen Blitzes und die gesamte Energie, die in allen Blitzen zwischen Gewitterwolken und Erde innerhalb eines Jahres in Deutschland enthalten ist.	**8**
5	Beurteilen Sie das in der New York Times vorgestellte Konzept zur Nutzung von Blitzenergie. Formulieren Sie Argumente zur Begründung Ihres Urteils mit Hilfe der gegebenen und berechneten Daten.	**8**

Materialien

Für die Aufgabe wird der Aufbau einer Gewitterzelle eines Wärmegewitters betrachtet. Die Abmessungen und Daten von Gewitterwolken können sehr unterschiedlich sein, im Material werden typische Werte dargestellt.

Material 1: Modelle für Gewitterwolken

Für die Beschreibung von Gewitterwolken kann man verschiedene Modelle nutzen.

Modell Gewitterwolke und Erde als Plattenkondensator

Das Modell in Abbildung 2 zeigt, dass man sich den Raum zwischen Wolke und Erde als Plattenkondensator vorstellen kann. Die Unterseite der Wolke ist meist negativ aufgeladen, an der Erdoberfläche wird durch Influenz eine gleich große positive Ladung erzeugt. Typisch ist eine Fläche von 25 km^2 an der Unterseite der Wolke. Während eines Gewitters werden am Erdboden elektrische Feldstärken von ca. $20\ \frac{kV}{m}$ gemessen.

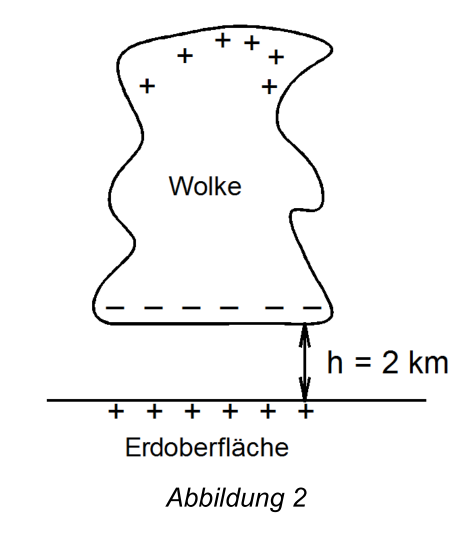


Abbildung 2

Modell Gewitterwolke als Dipol

Mit Hilfe von Flugzeugen hat man die Ladungsverteilung in Gewitterwolken genauer untersucht und für die Ladungsverteilung in der Wolke ein Modell entwickelt.

In der Abbildung 3 wird die gleiche Wolke wie in Abbildung 2 in diesem Modell dargestellt. Die Gewitterwolke wird hier als Dipol betrachtet. In diesem Dipol gibt es zwei Gebiete, die besonders stark elektrisch geladen sind. Typische Werte für die Ladungen sind im positiven Bereich + 40 C und im negativen Bereich - 40 C.

In Gewitterwolken hat man Feldstärken von bis zu $400\ \frac{kV}{m}$ gemessen.

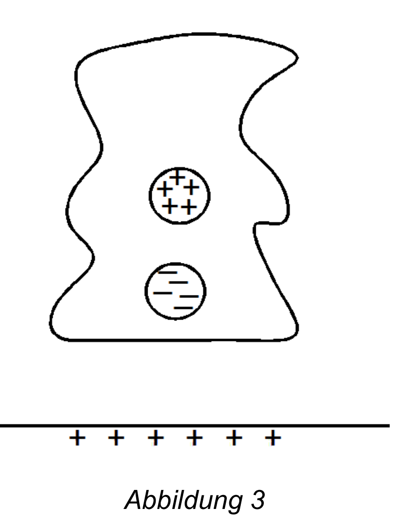


Abbildung 3

Material 2: Elektrische Energie

Energie des elektrischen Feldes in einem Plattenkondensator	$E_{elek} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	E_{elek} elektrische Energie des Feldes C Kapazität des Kondensators U Spannung am Kondensator
Energie einer Ladung in einem elektrischen Feld	$E_{elek} = q \cdot U$	E_{elek} elektrische Energie q Ladung U Spannung zwischen dem Punkt, in dem sich die Ladung befindet und dem Bezugspunkt

Material 3: Informationen über Blitze

Der zeitliche Verlauf der Stromstärke eines Blitzes kann vereinfacht so beschrieben werden:

Die elektrische Stromstärke steigt innerhalb von wenigen Mikrosekunden auf den Maximalwert von 40 kA an. Diese maximale Stromstärke bleibt für ca. 100 µs annähernd konstant. Anschließend sinkt die Stromstärke des Blitzes exponentiell mit einer kurzen Halbwertszeit von rund 20 µs.

Zu einem Blitz kommt es, wenn die Spannung zwischen Wolke und Erde sehr groß wird. Typisch sind dafür Spannungen um 100 MV. Für einen durchschnittlichen Wolke-Erde-Blitz kann angenommen werden, dass dieser Blitz eine Ladung von 20 C transportiert.

Im Jahr 2009 sind in Deutschland 2354567 Blitze eingeschlagen. Im Durchschnitt sind das 6,6 Blitze pro km^2.

Material 4: Ein Vorschlag zur Nutzung von Blitzenergie in der New York Times

Im Dezember 2007 berichtete die Zeitung New York Times über das Konzept einer Firma mit Hilfe von Türmen Blitze einzufangen und riesige Kondensatoren aufzuladen. Diese gespeicherte elektrische Energie soll dann genutzt werden.

Material 5: Bereitstellung und Nutzung von elektrischer Energie

An die Versorgung mit elektrischer Energie werden hohe Anforderungen gestellt. Elektrische Energie muss zuverlässig, dem Bedarf entsprechend und zu angemessenen Preisen bereitgestellt werden. Die Speicherung elektrischer Energie ist sehr kostenintensiv und nur in geringem Umfang möglich.

Im Jahr 2009 wurden $595 \cdot 10^9$ kWh elektrische Energie in Deutschland erzeugt. Eine vierköpfige Familie hat pro Jahr etwa einen Bedarf von 4000 kWh elektrischer Energie (1 kWh = 3,6 MJ).

Fundorte:

1 Blitz eines Gewitters. U.S. Air Force photo by Edward Aspera Jr. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lightning3.jpg. Gemeinfrei, gesichtet am 3.3.2014.

2 Herbert Möller: Gewitterelektrizität. In: Wege der Physikdidaktik Band 5, herausgegeben von Karl-Heinz Lotze und Werner B. Schneider, Erlangen und Jena 2002

Fundstelle: http://www.solstice.de/cms/upload/wege/band5/wege5-p2-82-98.pdf, gesichtet am 2.1.2014

3 Hasse P.; Wiesinger, J.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung. 4. Auflage 1993, R. Pflaum Verlag München/VDE-Verlag Berlin-Offenbach

Fundstelle: http://www.vde.com/de/Ausschuesse/Blitzschutz/FAQ/fo/oeffentlich/Seiten/Entstehung%20Gewitter.aspx, gesichtet am 3.3.2014

4 New York Times Magazine. Lightning Farms. By John Glassie. Published: December 9, 2007

Fundstelle: http://www.nytimes.com/2007/12/09/magazine/09lightningfarm.html?_r=0, gesichtet am 2.1.2014

5 BLIDS. Blitzinformationsdienst von Siemens. http://www.industry.siemens.com/services/global/de/blids/service/statistik/Seiten/Default.aspx, gesichtet am 2.1.2014

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont A **für Lehrkräfte**

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Energien in einem Gewitter

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
1	*Kompetenzen: Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln (Fachmethoden), Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets (Fachkenntnisse)*			
	Unter der Annahme, dass Wolke und Erde einen Plattenkondensator bilden, ist das elektrische Feld homogen, d.h. die Feldstärke ist überall gleich. Skizze des Feldlinienbildes mit parallelen und nach oben gerichteten Feldlinien	4		
	$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{s} \approx 8{,}854 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot \frac{As}{Vm} \cdot \frac{25 \cdot 10^6 m^2}{2000m} \approx 0{,}11 \mu F$	4		
	Mit $U = E \cdot s = 40\,000\,kV$ folgt $E_{elek} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \approx 88MJ$.	6		
2	*Kompetenzen: Erörtern des Gültigkeitsbereichs von Modellen und Gesetzen (Fachmethoden)*			
	Mögliche Argumentation: Aus dem Modell Gewitterwolke als Dipol folgt, dass die Ladungsverteilung an der Unterseite der Gewitterwolke ungleichmäßig ist. Somit ist das Feld zwischen Wolke und Erde nicht homogen. Die Berechnungen in 1 sind jedoch mit Gleichungen erfolgt, die das homogene Feld eines Plattenkondensators voraussetzen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen können also nur Abschätzungen sein.		6	

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
3	*Kompetenzen: präzises Darstellen eines komplexen Sachverhalts in einem Diagramm (Kommunikation); mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden)* Diagramm für die Blitzentladung: korrekte Festlegung und Bezeichnung der Achsen Darstellung des Verlaufs unter Beachtung der Zeitabschnitte Innerhalb der ersten 100 µs wird die Ladung $Q \approx I \cdot t \approx 40kA \cdot 100\mu s = 4C$ transportiert, die transportierte Ladung wird jedoch etwas größer sein, da der Blitz länger dauert. (Die nicht geforderte Abschätzung über den Flächeninhalt ergibt eine Ladung von ca. 5 C.)	2	6 6	
4	*Kompetenzen: mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden)* Für einen durchschnittlichen Blitz gilt: $E_{elek} = Q \cdot U = 20C \cdot 100MV = 2000MJ \approx 500kWh$. Für alle Blitze im Jahr 2009 gilt somit $E_{elek} \approx 2354567 \cdot 2000MJ \approx 4,7 \cdot 10^9 MJ \approx 1,3 \cdot 10^9 kWh$.		8	
5	*Kompetenzen: Beziehen einer Position zu gesellschaftlich relevanten Fragen unter physikalischer Perspektive, Begründen dieser Position (Reflexion)* Das Konzept zur Nutzung von Blitzenergie ist nicht sinnvoll. Zur Begründung dieses Urteils sind mindestens zwei Argumente zu erläutern. Mögliches Argument für das Konzept: • Die einzelnen Blitze enthalten recht viel Energie (500 kWh), nur 8 Blitze könnten theoretisch den Energiebedarf einer Familie (4000 kWh) decken. Mögliche Argumente gegen das Konzept sind u.a.: • Die Blitze treten nur unregelmäßig und selten auf (nur wenige Blitze pro km²), diese Energiequelle wäre somit unzuverlässig und nicht bedarfsgerecht.			8

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
	• Auf 1 km² trifft im Durchschnitt nur die Energie für eine vierköpfige Familie auf. Diese Energie kann jedoch nur zu einem geringen Teil genutzt werden. • Für das Einsammeln und Speichern der Energie der Blitze sind sehr viele Blitztürme erforderlich. Der Bau dieser Türme benötigt sicher viel Energie, verursacht Kosten und die Ausbeute ist gering. • Selbst wenn die Energie eines jeden Blitzes eingesammelt und zu 100% nutzbar gemacht würde (was selbstverständlich nicht möglich ist), könnten nur ca. 0,2% der gesamten Elektroenergie auf diese Art und Weise erzeugt werden.			
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**16**	**26**	**8**
	prozentuale Zusammensetzung	**32**	**52**	**16**
	Summe der BE	**50**		

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2015

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B für Prüflinge

Inhalt:	**Elektromagnetischer Schwingkreis und Induktivität einer Spule**
Titel:	**Metalldetektoren**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Schülerexperiment und Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Experimentiermaterial:	Pro Arbeitsplatz: Wechselspannungsgerät (50 Hz) Spule (z.B. mit 1000 Windungen) passender geblätterter Eisenkern Voltmeter Amperemeter Verbindungskabel
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Mit Metalldetektoren auf Schatzsuche

Metalldetektoren werden unter anderem in der Lebensmittelindustrie zum Aufspüren von Metallsplittern sowie von Hobby-Schatzsuchern verwendet.

Es gibt verschiedene Messverfahren, nach denen Detektoren arbeiten.

In der folgenden Aufgabe wird untersucht, wie sich bei so genannten BFO-Detektoren (Beat Frequency Oszillator) elektromagnetische Schwingungen zur Schatzsuche nutzen lassen.



Abbildung 1: Metalldetektor

Aufgaben: **BE**

1 Der Kondensator eines elektromagnetischen Schwingkreises wird aufgeladen und anschließend über eine Spule entladen. **13**

Erläutern Sie die Vorgänge im Schwingkreis für $0\ \mathrm{s} \le t \le \frac{T}{2}$ ohne Berücksichtigung der Dämpfung.

Gehen Sie dabei auch auf die Energieumwandlungen ein.

2 Zeigen Sie, dass die Kombination aus einem Kondensator mit einer Kapazität C = 0,99 nF und einer Spule mit der Induktivität L = 0,04 mH zu den Schwingkreisen in Material 1 passend gewählt wurde. **10**

Bestimmen Sie die zu erwartende Schwebungsfrequenz, wenn die Induktivität der Suchspule durch eine Münze um 2% verkleinert wurde.

3 Erklären Sie, warum sich bei dem hier betrachteten Metalldetektor der Schwingkreis 2 in einem gewissen Abstand vom Schwingkreis 1 befinden muss. **6**

4 **Schülerexperiment:** **21**
Untersuchen Sie experimentell den Einfluss eines geblätterten Eisenkerns auf die Induktivität einer Spule.

Bestimmen Sie hierzu die Induktivität einer Spule einmal ohne Eisenkern (Induktivität L_1) und einmal mit Eisenkern (Induktivität L_2). Verwenden Sie den in Material 3 dargestellten Aufbau. Die nötigen Bauteile werden Ihnen bereitgestellt.
Die Spannungsquelle liefert eine Wechselspannung der Frequenz f = 50 Hz.
Der ohmsche Widerstand der Spule soll hierbei vernachlässigt werden.

- Bauen Sie die Schaltung auf und führen Sie die Messung durch.
- Geben Sie Ihre Messwerte für U und I an.
- Berechnen Sie die Induktivitäten L_1 und L_2.
- Erläutern Sie zwei Ursachen für mögliche Messfehler.

Sollte Ihnen das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Hilfen oder Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden dann Bewertungseinheiten abgezogen.

Materialien

Material 1: Aufbau eines Metalldetektors

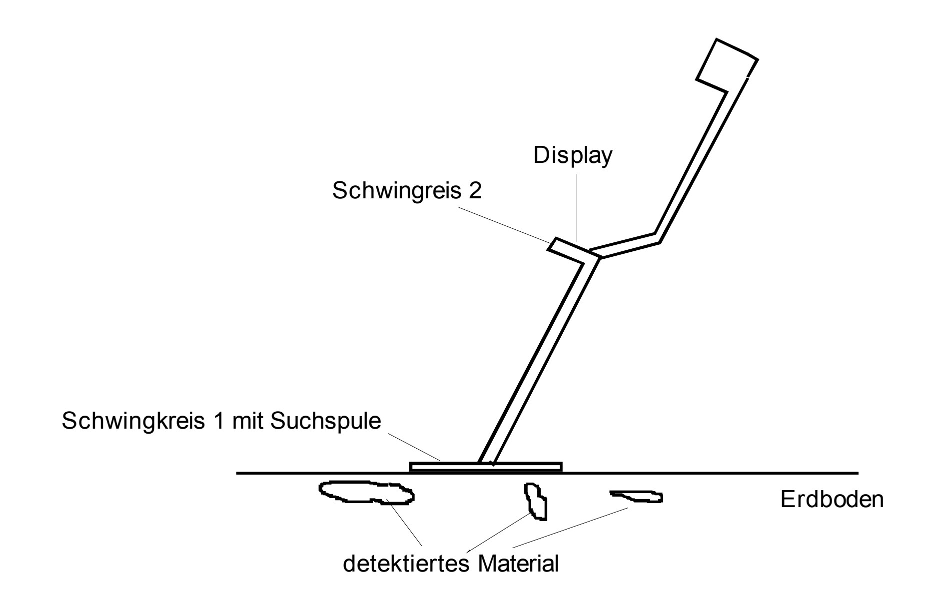


Abbildung 2: Aufbau eines Metalldetektors



Abbildung 3: Technisches Grundprinzip

Der Detektor besteht aus zwei Schwingkreisen, die zunächst ungefähr dieselbe Eigenfrequenz von $f = 800\text{ kHz}$ besitzen ($f_1 = f_2 \approx 800\text{ kHz}$). Die Spule des Suchkreises (Schwingkreis 1) befindet sich unten am Detektor. Die elektromagnetischen Schwingungen der beiden Schwingkreise werden überlagert.

Befindet sich ein Gegenstand aus z.B. Eisen oder Gold in der Nähe der Suchspule, wird deren Induktivität verändert und damit auch die Eigenfrequenz des Schwingkreises. Durch die Überlagerung der beiden Schwingungen entsteht eine neue Schwingung (Schwebung) mit der Frequenz $f_S = |f_1 - f_2|$ (Schwebungsfrequenz), die z.B. auf einem Display sichtbar gemacht wird oder über einen Kopfhörer wahrnehmbar ist.

Material 2: *Gleichungen*

Thomsonsche Schwingungsgleichung	$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$	T ... Schwingungsdauer f ... Frequenz L ... Induktivität der Spule C ... Kapazität des Kondensators
Frequenz	$f = \frac{1}{T}$	

Material 3: *Schülerexperiment*

Für den Wechselstromwiderstand X_L einer Spule gilt:

$$X_L = \frac{U}{I}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

(Bedingung: ohmscher Widerstand R = 0)

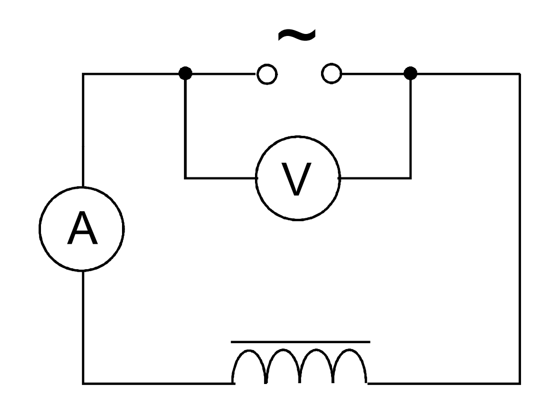


Abbildung 4: Schaltplan für das Experiment

Fundorte:

1 Foto: Aufgabenentwickler

2 LEIFI Physik; Zugriff am 10.10. 2013 unter http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/elektromagnetische-schwingungen/ausblick

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont B **für Lehrkräfte**

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Schülerexperiment und Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Metalldetektoren

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
1	*Kompetenzen: Wiedergeben von einfachen Sachverhalten (Fachkenntnisse)* Der Kondensator ist zum Zeitpunkt t = 0 s vollständig aufgeladen. Der Kondensator entlädt sich und es fließt ein Strom durch die Spule. Die Stromstärke steigt auf Grund der Selbstinduktion langsam an. Wenn der Kondensator vollständig entladen ist, hat die Stromstärke im Schwingkreis ihren größten Wert erreicht. Durch den Abbau des Magnetfeldes wird in der Spule eine Spannung induziert. Dadurch fließt der Strom weiter, der Kondensator wird erneut mit umgekehrter Polung aufgeladen.	**9**		
	Die Energie des elektrischen Feldes ist für $t = 0$ s maximal. Mit fortschreitender Entladung verringert sich diese in dem Maße, wie die Enegie des magnetischen Feldes wächst. Im Falle des größten Stromflusses ist die Energie vollständig im Magnetfeld enthalten. Beim Wiederaufladen des Kondensators wird dessen Feldenergie größer, während die Energie des magnetischen Feldes sich verringert. Es gilt: $E_{el} + E_{magn} = E_{ges}$ (konstant).	**4**		
2	*Kompetenzen: Auswählen und Verknüpfen von Daten (Fachkenntnisse)* Angabe im Material: f = 800 kHz			

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
	$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$ $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0{,}04 \cdot 10^{-3}\,\text{H} \cdot 0{,}99 \cdot 10^{-9}\,\text{F}}} \approx 800\,\text{kHz}$ Detektion: $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0{,}98 \cdot 0{,}04 \cdot 10^{-3}\,\text{H} \cdot 0{,}99 \cdot 10^{-9}\,\text{F}}} \approx 808\,\text{kHz}$ $f_S \approx \lvert 808\,\text{kHz} - 800\,\text{kHz} \rvert = 8\,\text{kHz}$		5 5	
3	*Kompetenzen: fachlich korrektes Erfassen eines Sachverhaltes und schriftliches Präsentieren (Kommunikation); Einordnen und Erklären von Phänomen aus der Technik (Reflexion)* Wenn beide Schwingkreise zu dicht beeinanderliegen werden auch beide durch das Metall verstimmt, der Unterschied der Frequenzen f_1 und f_2 ist dann sehr gering. Der Effekt ist deutlicher, wenn nur ein Schwingkreis durch das Metall verstimmt wird. Oder: Bei einem zu geringem Abstand der Schwingkreise besteht die Gefahr, dass die Magnetfelder der Spulen in Wechselwirkung treten. Dadurch kommt es zu einer Verstimmung der Frequenzen der Schwingkreise und damit auch zu einer unerwünschten Beeinflussung der Schwebungsfrequenz.			6
4	*Kompetenzen: Aufbauen eines einfachen Experimentes nach vorgelegtem Plan, selbstständige Durchführung und Auswertung eines Experimentes (Fachmethoden)* Aufbau der Schaltung und Durchführung der Messung Angabe der Messwerte für U und I (je zwei Werte) Berechnung der Werte von L mit $X_L = \frac{U}{I} = 2\pi \cdot f \cdot L$, also $L = \frac{U}{2\pi \cdot f \cdot I}$ Angabe der zwei Werte für L_1 und L_2 (in H) Erläutern von zwei Ursachen für mögliche Messfehler	4	6 6 5	
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**17**	**27**	**6**
	prozentuale Zusammensetzung	**34**	**54**	**12**
	Summe der BE		**50**	

Erwartungshorizont Ersatzaufgabe

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
4	Beschreibung des Versuchsaufbaus: • Nennen der Teile des Stromkreises (Wechselspannungsquelle, Spule, Stromstärkemessgerät, Spannungsmessgerät) • Stromstärkemesser in Reihe zur Spule, Spannungsmesser direkt an der Spannungsquelle	**2**		
	Berechnung der Werte von *L* mit $X_L = \frac{U}{I}$ und $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ Daraus folgt $L = \frac{U}{2\pi \cdot f \cdot I}$, $L_1 \approx 39$ mH, $L_2 \approx 67$ mH		**6**	
	Erläutern von zwei Ursachen für mögliche Messfehler		**5**	
	Höhere Spannungen haben höhere Stromstärken zur Folge, an dem Ergebnis für *L* ändert sich (abgesehen von evt. Messungenauigkeiten) nichts.	**2**		
	Die Wiederholung der Messung mit anderen Spannungen ergibt weitere Werte für *L*, so dass der Mittelwert gebildet werden kann und somit die Genauigkeit der Messung erhöht wird, da z.B. Ablesefehler heraus gemittelt werden.		**3**	
	Die Vergrößerung der Frequenz führt zu einer Verkleinerung der Stromstärke. Eine mögliche Begründung dafür ist anzugeben.		**3**	
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**4**	**17**	**0**
	Summe der BE		**21**	

Hinweise für die Hand der Lehrkraft zum Schülerexperiment

Geräte

Die bereitzustellenden Geräte aus der Liste mit dem Experimentiermaterial können hinsichtlich ihrer Daten durch gleichwertige Geräte ersetzt werden. Das Experiment ist vor dem Tag der schriftlichen Prüfung von der prüfenden Lehrkraft durchzuführen. Alle Geräte müssen von der prüfenden Lehrkraft vor der Prüfung auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Hinweise für den Fall des Misslingens

Die Ursache obliegt höherer Gewalt oder liegt im Verantwortungsbereich der Schule:

Dem Prüfling wird das Ersatzblatt mit den Beobachtungen / Messwerten und der theoretischen Ersatzaufgabe ausgehändigt und mit dem Namen des Prüflings versehen. **Dies ist im Prüfungsprotokoll zu vermerken.**

Die Ursache liegt in der Verantwortung des Prüflings:

Die Prüflinge können für nichterbrachte experimentelle Teilleistungen bei der prüfenden Lehrkraft Zusatzinformationen anfordern. Bei der Anforderung einer oder mehrerer Informationen werden Bewertungseinheiten nicht erteilt. **Der Umfang der Einhilfen ist in geeigneter Art und Weise in den Prüfungsunterlagen zu dokumentieren.**

Geringfügige Hilfe beim Aufbau der Schaltung (z.B. Einstellung der Messgeräte) durch die Aufsichtsperson führt zu 3 BE Abzug, stärkere Einhilfen zu insgesamt 6 BE.

Zusatzinformation: Ersatzmesswerte für das Schülerexperiment

Es erfolgt ein Punktabzug von insgesamt 10 BE, wenn diese Information erforderlich ist.

Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung des Experimentes

Spulen und verwendete Spannungen sind so zu wählen, dass die zulässigen Maximalstromstärken nicht überschritten werden.

Die Messgeräte für Spannung und Stromstärke müssen über geeignete Messbereiche verfügen.

Sicherheitshinweis:

Für die Durchführung der Schülerexperimente sind die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) zu beachten.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Nur auf Anforderung

Zusatzinformation : **Ersatzmesswerte für das Schülerexperiment**

Falls die Messungen nicht gelingen, sollen die folgenden Werte verwendet werden.

Spule (n = 1000) mit Eisenkern: U = 9,2 V I = 440 mA
Spule (n = 1000) ohne Eisenkern: U = 9,2 V I = 750 mA

Es erfolgt ein Punktabzug von 10 BE, wenn diese Werte benötigt werden.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Nur im Fall des Misslingens des Experimentes aufgrund höherer Gewalt oder aus Verantwortung der Schule

Ersatzblatt

An Ihrer Schule kann das Schülerexperiment nicht durchgeführt werden.

Bearbeiten Sie statt der Aufgabe 4 die folgende Aufgabe:

Ersatzaufgabe für Aufgabe 4 (Schülerexperiment)

Zur Bestimmung der Induktivitäten einer Spule mit und ohne Eisenkern wurde ein Experiment entsprechend Material 3 durchgeführt. Die Spannungsquelle liefert eine Wechselspannung der Frequenz f = 50 Hz.

Es wurden folgende Messwerte aufgenommen:

Spule (n = 1000) mit Eisenkern: U = 9,2 V I = 440 mA

Spule (n = 1000) ohne Eisenkern: U = 9,2 V I = 750 mA

Beschreiben Sie den in Material 3 dargestellten Versuchsaufbau.

Berechnen Sie die Induktivität der Spule einmal ohne Eisenkern (Induktivität L_1) und einmal mit Eisenkern (Induktivität L_2). Der ohmsche Widerstand der Spule soll hierbei vernachlässigt werden.

Erläutern Sie zwei Ursachen für mögliche Messfehler.

Erläutern Sie, welche Auswirkungen auf die Messergebnisse und die Berechnungen die Wiederholung des Experimentes mit anderen Spannungen hat.

Diskutieren Sie, ob es sinnvoll ist, die Messungen mit anderen Spannungen zu wiederholen.

Erklären Sie, wie sich eine Vergrößerung der Frequenz der verwendeten Wechselspannung auf die gemessene Stromstärke auswirkt.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2015

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung C für Prüflinge

Inhalt:	**Quantenphysik**
Titel:	**Nachtsichtgerät**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Nachtsichtgerät

Nachtsichtgeräte ermöglichen das Sehen bei Dunkelheit. Sie werden z. B. von Forschern, dem Militär und der Polizei verwendet.

Eine einfache Bauform eines solchen Gerätes nutzt die für den Menschen unsichtbare Infrarotstrahlung der Umgebung aus und wandelt sie in sichtbares Licht um. Wie dies in sogenannten Bildwandlerröhren möglich ist, wird in den nachfolgenden Aufgaben betrachtet.



Abbildung: Einfaches Nachtsichtgerät

Aufgaben:		**BE**
1	Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des prinzipiellen Aufbaus einer Bildwandlerröhre an. Erläutern Sie, weshalb dabei eine luftleere Glasröhre benötigt wird.	**8**
2	Zeichnen Sie für die Messung in Material 2 ein Diagramm, das die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz darstellt. Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagrammes die Werte für die Steigung der Geraden und ihre Schnittstellen mit den Achsen. Geben Sie die physikalische Bedeutung dieser drei Werte an.	**16**
3	Berechnen Sie anhand der Messung aus Material 3 die Austrittsarbeit und die Grenzfrequenz von Cäsium. Entscheiden Sie begründet, ob das in Material 2 untersuchte Metall oder Cäsium besser geeignet ist, um in einem Nachtsichtgerät die Fotoelektrode zu bilden.	**10**
4	Beschreiben Sie ein einfaches Experiment, mit dem die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen in den vorliegenden Messungen bestimmt werden kann. Erläutern Sie das Messprinzip.	**10**
5	Begründen Sie, dass es bei der hier betrachteten Bildwandlerröhre aufgrund des Energieerhaltungssatzes nicht möglich ist, auf die Beschleunigung der Fotoelektronen in der Röhre zu verzichten.	**6**

Materialien

Material 1: Aufbau und Funktionsprinzip eines einfachen Nachtsichtgerätes

Nachtsichtgeräte können infrarote Strahlung sichtbar machen. Die Umwandlung in sichtbares Licht findet in der sogenannten Bildwandlerröhre statt.

Im einfachsten Fall handelt es sich dabei um eine zylinderförmige, luftleere Glasröhre. Auf der Deckfläche des Zylinders ist innen eine sehr dünne Metallschicht aufgetragen, die Fotoelektrode. Auf der gegenüberliegenden Bodenfläche befindet sich eine Leuchtschicht. Zwischen den beiden Schichten liegt eine Beschleunigungsspannung an.

Die Umwandlung in sichtbares Licht beruht auf dem Fotoeffekt. Das infrarote Licht löst aus der Fotoelektrode Elektronen aus. Diese werden anschließend durch die angelegte Spannung zum Registrierschirm hin beschleunigt. Dort werden die Auftreffpunkte der Elektronen durch die Anregung der Leuchtschicht als helle Lichtflecken sichtbar. Es entsteht daher ein einfarbiges (meistens grünes) Bild des betrachteten Gegenstandes.

Im Nachtsichtgerät bildet eine Linse den Gegenstand auf die Fotoelektrode der Röhre ab. Das Bild des Gegenstandes auf der Leuchtschicht kann durch eine weitere Linse betrachtet werden.

Material 2: Untersuchung eines Metalls zur Verwendung als Fotoelektrode

Um die Eignung eines Metalls für die Beschichtung des Nachtsichtgerätes zu testen, wird eine mit diesem Metall beschichtete Vakuumfotozelle mit einfarbigem Licht verschiedener Frequenzen beleuchtet. Die maximale kinetische Energie E_{max} der Fotoelektronen wird jeweils gemessen. Es ergaben sich für das untersuchte Metall folgende Werte:

f in 10^{14} Hz	4,49	6,09	7,45
E_{max} in 10^{-19} J	1,30	2,37	3,25

Material 3: Messwert für eine mit Cäsium beschichtete Fotoelektrode

Bei einer mit Cäsium beschichteten Fotozelle wurde nur ein einziger Messwert aufgenommen: Bei Beleuchtung mit Licht der Frequenz $f = 6{,}88 \cdot 10^{14}$ Hz wurde die maximale kinetische Energie der ausgelösten Fotoelektronen zu $E_{max} = 1{,}43 \cdot 10^{-19}$ J bestimmt.

Material 4: Informationen zum elektromagnetischen Spektrum

Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen umfasst einen großen Bereich von Frequenzen. Das für den Menschen sichtbare Licht ist davon nur ein kleiner Ausschnitt. Angrenzend an diesen Teil des Spektrums liegen die Wärmestrahlung mit dem infraroten Licht und das ultraviolette Licht.

Bereich des Spektrums	Frequenzbereich in Hz
infrarotes Licht	$1{,}0 \cdot 10^{13}$ - $3{,}8 \cdot 10^{14}$
sichtbares Licht	$3{,}8 \cdot 10^{14}$ - $7{,}7 \cdot 10^{14}$
ultraviolettes Licht	$7{,}7 \cdot 10^{14}$ - $3{,}0 \cdot 10^{16}$

Fundorte:

1 http://www.intas.org/Nachtsicht/Nachtsicht-allg.htm (13.4.2014)

2 http://de.wikipedia.org/wiki/Nachtsichtgerät (13.4.2014)

3 Foto: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Land_Warrior_PVS-14_Night_Vision_Device.jpg (13.4.2014); public domain

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2015

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont C für Lehrkräfte

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Nachtsichtgerät

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
1	*Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (Kommunikation)* Mögliche Skizze: Glaskolben (evakuiert) Fotoelektrode Registrierschirm U − + Die Glasröhre muss evakuiert sein, damit die Elektronen, die ausgelöst wurden, den Registrierschirm erreichen können, ohne mit Gasteilchen zusammenzustoßen.	**5**	**3**	

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
2	*Kompetenzen: Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren; Gewinnen von mathematischen Abhängigkeiten aus Messdaten (Fachmethoden)* Diagramm:	5		
	Bestimmung der Steigung der Geraden $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Js. Ablesen der Nullstelle $f_g = 2{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz und des Achsenabschnittes $-W_A = -1{,}7 \cdot 10^{-19}$ J.		6	
	Interpretation der Werte als plancksche Konstante, Grenzfrequenz und Austrittsarbeit des betrachteten Metalls.	5		
3	*Kompetenzen: Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets (Fachkenntnisse)* Berechnung der Austrittsarbeit von Cäsium mit $E_{\max} = hf - W_A$ zu $W_A = 3{,}13 \cdot 10^{-19}$ J. Berechnung der Grenzfrequenz mit $hf_g = W_A$ zu $f_g = 4{,}72 \cdot 10^{14}$ Hz.		7	
	Das Cäsium ist als Fotoelektrode ungeeignet, da der Frequenzbereich von infrarotem Licht unterhalb der Grenzfrequenz liegt. Das zuerst untersuchte Metall dagegen ist geeignet, da ein Teil des infraroten Bereichs über der Grenzfrequenz liegt.		3	
4	*Kompetenzen: fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen (Fachkenntnisse); präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen (Kommunikation)*			

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
	Beschreibung der Gegenfeldmethode, der statischen Spannungsmessung oder der Aufladung eines Kondensators.		5	
	Erläuterung des Messprinzips: Die energiereichsten ausgelösten Elektronen können gerade so die Spannung U_0 durchqueren, besitzen also die Energie $E_{max} = eU_0$.		5	
5	*Kompetenzen: Erkennen physikalischer Fragestellungen (Reflexion); problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen in verschiedenen Wissensbereichen (Fachkenntnisse)*			
	Die Energie der Fotoelektronen ist nur ein Teil der Energie eines eingehenden Photons der infraroten Strahlung. Sie reicht daher grundsätzlich nicht aus, die Leuchtschicht zur Aussendung eines Photons des sichtbaren Lichtes anzuregen. Daher muss den Fotoelektronen Energie zugeführt werden.			6
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**15**	**29**	**6**
	prozentuale Zusammensetzung	**30**	**58**	**12**
	Summe der BE		**50**	

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2015**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung D **für Prüflinge**

Inhalt:	**Kernphysik**
Titel:	**Die Folgen des Reaktorunfalls von Fukushima**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Die Folgen des Reaktorunfalls von Fukushima

Am 11. März 2011 hatten ein schweres Erdbeben und ein Tsunami das japanische Kernkraftwerk Fukushima stark beschädigt. Dadurch gelangten in den Folgemonaten große Mengen an radioaktiven Isotopen in die Umgebung des Kraftwerkes und ins Meer.

In den folgenden Aufgaben werden die Auswirkungen auf die Umwelt betrachtet.



Abbildung: Satellitenfoto der Reaktorblöcke 1 bis 4 am 16. März 2011 nach mehreren Explosionen und Bränden

Aufgaben: **BE**

		BE
1	Vergleichen Sie den Aufbau der beiden Cäsium-Isotope, die bei dem Reaktorunfall freigesetzt wurden. Erläutern Sie die Prozesse, die bei der Umwandlung von Cs-137 im Kern auftreten. Geben Sie die entsprechende Reaktionsgleichung an.	**10**
2	Berechnen Sie die bei dem Zerfall eines Cs-137-Kerns frei werdende Energie.	**8**
3	Beschreiben Sie die Wirkung von radioaktiver Strahlung auf die Zellen des menschlichen Körpers. Gehen Sie dabei auch auf mögliche Spätfolgen ein. Beurteilen Sie die Wirksamkeit von Schutzanzügen unter Beachtung der verschiedenen Strahlungsarten.	**12**
4	Stellen Sie anhand der Angaben in Material 4 den zeitlichen Verlauf der Aktivität A des Fisches für vier Halbwertzeiten grafisch dar. Gehen Sie dabei von der Annahme aus, dass die registrierte Strahlung ausschließlich durch den Zerfall von Cs-137 zustande kommt. Berechnen Sie, wie viele Jahre der Fischfang gelagert werden müsste, damit er in Japan als für den Verzehr unbedenklich eingestuft wird.	**15**
5	Geben Sie begründet an, welches zweite Element neben Cäsium bei der Kernspaltung im Reaktor aufgetreten sein müsste.	**5**

Fundorte:

1 http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2012-08/fukushima-caesium-belastung-fisch, gesichtet 30.12.2014

2 http://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima, gesichtet 30.12.2014

3 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fukushima_I_by_Digital_Globe_B.jpg (19.09.2014); public domain, gesichtet 30.12.2014

Materialien

Material 1: Radioaktive Kontaminierung durch den Reaktorunfall in Fukushima

In den Folgemonaten nach dem schweren Unfall wurden sowohl der Boden in der Umgebung als auch das Meerwasser stark radioaktiv kontaminiert. Besonders bei den Proben aus der unmittelbaren Umgebung der Reaktoren ergaben Messungen stark erhöhte Intensitäten für alle drei Strahlungsarten.

In oberflächennahen Bodenschichten und bei Meeresfischen wurden unter anderem die Cäsium-Isotope Cs-137 und Cs-134 nachgewiesen, die jeweils unter Aussendung von β^- – Strahlung zu Barium zerfallen.

Cäsium-137 entsteht direkt im Reaktor bei der Kernspaltung von U-235 durch ein Neutron.

Material 2: Schutzanzüge

Die radioaktive Bestrahlung der Haut kann durch das Tragen von Schutzanzügen minimiert werden. Diese Anzüge werden aus festen, gasundurchlässigen und relativ chemikalienbeständigen Kunststoffen hergestellt. Der im Kopfteil integrierte Mundschutz verhindert das Eindringen von radioaktiven Partikeln oder Flüssigkeiten in den Körper.

Material 3: Spezifische Aktivität einer Probe

Die Aktivität *A* einer radioaktiven Probe gibt an, wie viele Kernzerfälle in dieser Probe in einer Sekunde stattfinden. Die Einheit ist Becquerel: $1\ \text{Bq} = 1\ \frac{1}{s}$.

Bezogen auf die Masse eines Körpers ergibt sich die spezifische Aktivität *a* in Becquerel pro Kilogramm ($\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}$). Sie gibt also an, wie viele Kernzerfälle pro Sekunde in 1 kg Masse eines Körpers stattfinden.

Für die spezifische Aktivität *a(t)* gilt: $a(t) = a_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_H} \cdot t}$.
(T_H - Halbwertszeit, a_0 - Anfangswert der spezifischen Aktivität)

Material 4: Meldung über Belastung durch Cäsium von Fischen in Kraftwerksnähe

Im August 2012 wurde nach Angaben des AKW-Betreibers TEPCO 20 km von dem Kernkraftwerk entfernt ein Grünling (ein Speisefisch) mit einer Masse von *m* = 800 g gefangen, bei dem eine radioaktive Belastung durch Cäsium von 25 800 $\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}$ gemessen wurde. Dieser Wert stellte einen Rekord dar und entspricht dem 258-fachen dessen, was in Japan als unbedenklich zum Verzehr eingestuft wird.

Material 5: Atommassen und Halbwertzeiten

Barium-137	136,905827 u	stabil
Cäsium-137	136,907089 u	T_H = 30,20 a
Cäsium-134	133,906718 u	T_H = 2,06 a

$1\ \text{u} = 1{,}66054 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2015

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont D für Lehrkräfte

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Die Folgen des Reaktorunfalls von Fukushima

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
1	*Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen; fachsprachlich korrektes Fassen einfacher Sachverhalte (Kommunikation)* Die Anzahl der Protonen ist gleich (55), die Anzahl der Neutronen ist unterschiedlich (82 bzw.79). Der Cs-137-Kern hat eine größere Masse. Der Cs-137-Kern wandelt sich unter Abgabe eines Elektrons in einen Bariumkern um. Dabei wird ein Neutron in ein Proton umgewandelt. $^{137}_{55}\mathrm{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ (Angabe zum Neutrino ist nicht notwendig.)	4 6		
2	*Kompetenzen: Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets (Fachmethoden)* $E=(m_{\mathrm{Cs-137}} - m_{\mathrm{Ba-137}}) \cdot c^2$ $E = (136{,}907089 - 136{,}905827) \cdot u \cdot c^2$ $E = 0{,}001262 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV}$ $E \approx 1{,}2\ \mathrm{MeV}$		8	

<table>
<tr><th rowspan="2">Teilaufgaben</th><th rowspan="2">Beschreibung der erwarteten Leistung</th><th colspan="3">AFB</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>3</td><td>

Kompetenzen: fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen (Fachwissen); Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik (Reflexion)

Zum Beispiel:
Durch die Ionisation und Anregung von Atomen und Molekülen kommt es zu Veränderungen oder zur Zerstörung der Zellen. Dies führt zu somatischen oder genetischen Schäden der Zellen (oder Zelltod).
Schädigungen am Erbgut der Zellen können zu Krebs führen oder es werden genetische Veränderungen an Nachkommen weitergegeben.

- Gegen α-Strahlung bietet der Anzug einen ausreichenden Schutz, da bereits dünne Schichten von Kunststoff die Strahlung absorbieren. Durch den Mundschutz können die Partikel auch nicht in das Innere des Körpers gelangen.
- β^--Strahlung wird vom Anzug aufgehalten, sofern die Kunststoffschicht dick genug ist.
- γ -Strahlung durchdringt praktisch ungeschwächt das Material, kein wirksamer Schutz möglich.

</td><td></td><td>6

6</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>

Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (Kommunikation); Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets (Fachmethoden)

Berechnung von A_0 aus der Masse des Fisches und der spezifischen Aktivität:

A_0 = 0,8 kg · 25.800 Bq/kg = 20.640 Bq

Zeit in a	30,20	60,40	90,60	120,80
A in Bq	10.320	5160	2580	1290

</td><td>7</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
	$a_0 = 25800\ \frac{Bq}{kg};\ a_{\text{Grenz}} = 100\ \frac{Bq}{kg}$ $100\frac{Bq}{kg} = 25800\frac{Bq}{kg} \cdot \mathrm{e}^{-\frac{\ln 2}{30{,}2\mathrm{a}} \cdot t_{Grenz}}$ $t_{Grenz} = \frac{\ln\frac{100}{25800} \cdot 30{,}2a}{-\ln 2} \approx 242\ a$		8	
5	*Kompetenzen: Erklären physikalischer Phänomene komplexer Art aus Natur und Technik (Reflexion)* Das zweite Element ist Rubidium mit der Ordnungszahl 37. Unabhängig von der Anzahl der bei der Kernspaltung emittierten Neutronen ist die Protonenzahl des zweiten Spaltproduktes festgelegt: Z = 92 - 55 = 37			5
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**17**	**28**	**5**
	prozentuale Zusammensetzung	**34**	**56**	**10**
	Summe der BE		**50**	